

高校经典教材同步辅导
配套唐介主编的《电工学》(少学时)

九章丛书

DIANGONGXUE

电工学(少学时)

第二版

辅导及习题全解

主编 / 苏荣华 杨富云 孙怀东
编写 / 九章系列课题组

■ 知识点窍 ■ 逻辑推理
■ 习题全解 ■ 全真考题
■ 名师执笔 ■ 题型归类



人民邮电出版社

高校经典教材同步辅导

电工学(少学时)

(第二版)

辅导及习题全解

主编 苏荣华 杨富云 孙怀东

编写 九章系列课题组

赵志新 陆 续

王 阳 康 伟

人民日报出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学·电学 / 苏荣华等编. —北京: 人民日报出版社, 2005. 11

(高校经典教材同步辅导)

ISBN 7-80208-299-4

I. 电… II. 苏… III. ①电工学—高等学校—教学参考资料②电学—高等学校—教学参考资料 IV. ①TMI②0441.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 122529 号

电工学(少学时)·电学

主 编: 苏荣华 杨富云 孙怀东

责任编辑: 文 一

封面设计: 伍克润

出版发行: 人民日报出版社

社 址: 北京金台西路 2 号

邮政编码: 100733

经 销: 新华书店

印 刷: 北京顺天意印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

字 数: 193 千字

印 张: 14

印 数: 3000

印 次: 2006 年 2 月第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-80208-299-4/J·173

定 价: 16.80 元(全五册·128.00 元)

前 言

本书是为了配合高等教育出版社出版的普通高等学校“十五”国家级规划教材—唐介主编的《电工学》(少学时)一书而编写的辅导书。

本辅导书以教材内容为依据,对教材的主要内容、基本公式进行了归纳,并对教材课后的习题进行了全面解答。习题详实,分析透彻,文字简明,内容紧扣教材,在习题的解答过程中,本书除了有传统辅导书的解题过程外,还有以下特点:

1. **知识点窍**:运用公式、定理及定义来点明知识点;
2. **逻辑推理**:阐述习题的解题过程;
3. **解题过程**:概念清晰、步骤完整、数据准确、附图齐全。

把**知识点窍**——**逻辑推理**——**解题过程**串起来,做到融会贯通,最后给出教材课后习题的答案,在解题思路和解题技巧上进行精练分析和引导,巩固所学,达到举一反三的效果。

“**知识点窍**”和“**逻辑推理**”是本书的精华所在,是由多位著名教授根据学生答题的弱点进行分析而研究出来的一种新型的拓展思路的训练方法。“**知识点窍**”提纲挈领地抓住了题目核心知识,让学生清楚地了解出题者的意图,而“**逻辑推理**”则注重引导学生思维,旨在培养学生科学的思维方法,及掌握答题的思维技巧。本书在此基础上,还提供了详细的“**解题过程**”,使学生熟悉整个答题过程。

本书在编写过程中,参考了唐介老师主编的《电工学学习指导》一书,在此深表感谢。

由于编者水平有限及编写时间仓促,不妥之处在所难免,希望广大读者不吝批评指正。

编者

2006 年 1 月

目 录

第 1 章 直流电路	1
一、知识点归纳	1
二、典型题型解析	4
三、习题解答	8
第 2 章 电路的瞬态分析	20
一、知识点归纳	20
二、典型题型解析	21
三、习题解答	25
第 3 章 交流电路	35
一、知识点归纳	35
二、典型题型解析	38
三、习题解答	40
第 4 章 供电与用电	59
一、知识点归纳	59
二、典型题型解析	60
三、习题解答	62
第 5 章 变压器	73
一、知识点归纳	73
二、典型题型解析	75
三、习题解答	76
第 6 章 电动机	84
一、知识点归纳	84
二、典型题型解析	85
三、习题解答	86
第 7 章 电气自动控制	96
一、知识点归纳	96
二、典型题型解析	97
三、习题解答	99
第 8 章 半导体器件	108

一、知识点归纳	108
二、典型题型解析	110
三、习题解答	112
第 9 章 基本放大电路	117
一、知识点归纳	117
二、典型题型解析	119
三、习题解答	121
第 10 章 集成运算放大器	135
一、知识点归纳	135
二、典型题型解析	135
三、习题解答	137
第 11 章 直流稳压电源	153
一、知识点归纳	153
二、典型题型解析	154
三、习题解答	155
第 12 章 组合逻辑电路	160
一、知识点归纳	160
二、典型题型解析	160
三、习题解答	161
第 13 章 时序逻辑电路	180
一、知识点归纳	180
二、典型题型解析	181
三、习题解答	182
第 14 章 模拟信号与数字信号的相互转换	196
一、知识点归纳	196
二、习题解答	196
第 15 章 现代通信技术	198
一、知识点归纳	198
二、习题解答	198
电工学模拟试题(一)	200
电工学模拟试题(二)	209

第1章 直流电路

一、知识点归纳

本章是在读者具备物理学相关知识的前提下,进行电路基本知识定律及直流电路分析计算方法的介绍和讨论。虽然本章重点是直流电路,但其知识加以扩展同样可适用交流电路。本章内容是电工学课程的基础,需要重视。

1. 了解电路的作用和组成。
2. 了解电流、电位、电压、电动势和电功率等的定义、方向、单位及其在交、直流电路中的符号。
3. 了解电路的通路、开路和短路状态,了解电源有载、空载和短路状态。理解额定值、负载大小和电功率平衡的概念。
 - (1)负载的大小和增加减压指负载消耗的电功率的大小和增减,不要简单地误解为负载电阻的大小和增减,要以实际电路进行具体分析。
 - (2)电功率平衡。通路时电源产生电功率应等于电路各部分消耗电功率之和,电源输出功率应等于外电路中各部分消耗电功率之和。但要注意,具体电路中有源器件并不总是输出电功率的。
 - (3)额定值是标示电气设备正常工作条件和工作能力的许多个参数。实际使用时若超过额定值会对电气设备造成损坏或缩短使用寿命。达不到额定值,一方面设备不能发挥正常作用,也有可能造成损坏或寿命减少。
4. 参考方向与关联参考方向。需注意以下几个问题。
 - (1)参考方向是针对电压电流方向难确定时假定的,在电路图中要标出,并在计算中体现出来。
 - (2)在单独分析电流之间或电压之间的关系时,它们的参考方向可任意选择,而在研究某元件的电流与电压的关系时,则要考虑参考方向的关联问题。
 - (3)注意到书中的公式定律均为规定参考方向下得到,则应根据实际分析计算时使用的参考方向做相应变换。
5. 理想电路元件。理想电路元件是表征电路实体的元件,是理论分析计算的研究对象。分有源与无源两种。
 - (1)理想有源元件有电压源和电流源两种。电压源的输出电压和电流源的输出

电流是由它们自身确定的定值,与外电路无关,而电压源的输出电流和电流源的输出电压与外电路情况有关。

- a. 与电压源并联的元件,其两端电压均等于电压源的电压;与电流源串联的元件,其电流均等于电流源的电流。
- b. 与电压源并联的元件量值变化时,不会影响电路其余部分的电压和电流,仅影响其自身和电压源的电流;与电流源串联的元件量值变化时,不会影响电路其余部分的电压和电流,仅影响其自身及电流源的电压。
- c. 当电压与其他元件并联时,对外部电路而言,可将其他元件除去,而用一个电压源等效代替;当电流源与其他元件串联时,对外部电路而言,可将其他元件除去,而用一个电流源等效代替。

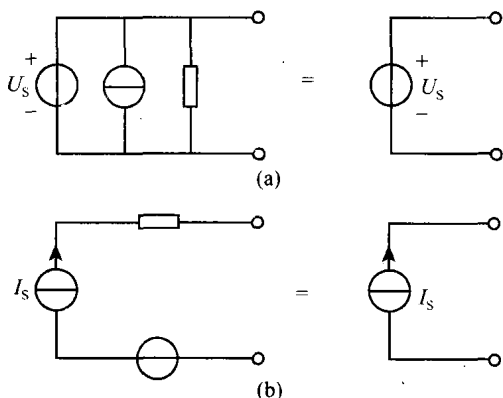


图 1.1

- d. 多个电压源串联时,可合并成一个等效的电压源;多个电流源并联时,可合并成一个等效的电流源。

(2)理想电源元件有电阻、电容和电感三种。

电阻是消耗电能的理想元件。

电容是储存电场能的理想元件。

电感是储存磁场能的理想元件。

这三种元件后面还有详细讨论。

6. 基尔霍夫定律(重点内容)

(1)基尔霍夫电流定律 KCL:在电路任一个结点上,同一瞬间电流代数和为 0。

公式表示为 $\sum i = 0$, 直流电路中, $\sum I = 0$

定律推广到任一假定的闭合面也是适用的。

(2)基尔霍夫电压定律 KVL:在电路任一回路中,同一瞬间电压代数和为 0。
公式表示为 $\sum U=0$,直流电路中 $\sum U=0$ 。(注:规定参考方向与回路方向一致时,参数取正,否则为负。)

含电动势的电路中 $\sum IR=\sum E$ 或 $\sum U=\sum E$ 或 $\sum U+\sum IR=\sum E$ 。该定律可推广到任一假想闭合回路。

7. 支路电流法是求解复杂电路最基本的方法,其基本思路就是以基尔霍夫定律为工具分析目标支路,列出所需方程(支路和结点),求解支路电流。

解题步骤:

- (1)确定支路数,选择参考方向。
- (2)确定结点数,列出独立结点的 KCL 电流方程。
- (3)确定余下所需的方程数,列出独立回路的 KVL 电压方程。

对一般电路具有 n 个结点可列 $n-1$ 个独立结点的 KCL 电流方程;独立回路的 KVL 电压方程个数确定后,要注意应使所选择回路至少包括前面未使用过的新支路,以保证方程的独立性(以网孔建立方程是常用方法)。

8. 叠加原理

叠加原理的内容是:在含多个电源的线性电路中,任一支路的电压和电流等于电路中各电源分别单独作用时在该支路产生的电压和电流的代数和。它说明了线性电路中电源作用的独立性,其实质是将多个电源共同作用的结果分解为每个电源单独作用结果的叠加,将复杂电路分解为许多较简单的电路,从而使电路分析过程简化。

叠加原理使用时应注意:

- (1)具体研究某一电源时,应将其余电压源以短路代替,即 $U_s=0$,将其余电流源以开路代替,即 $I_s=0$ 。
 - (2)对比某电源单独作用时的电流电压方向是否与总电流和总电压的方向一致,一致取正,不一致取负,然后才能进行叠加。
 - (3)线性电路才可使用。
 - (4)只能计算电流电压,不能计算功率。
9. 等效电源定理包括戴维宁定理和诺顿定理。戴维宁定理是将线性有源二端网络以戴维宁等效电源代替,而诺顿定理是将线性有源二端网络以诺顿等效电源代替。

等效前后 $U_{OC}=U_{eS}, U_{OC}/I_{SC}=R_0$; (戴)

$I_{SC}=I_{eS}, U_{OC}/I_{SC}=R_0$; (诺)

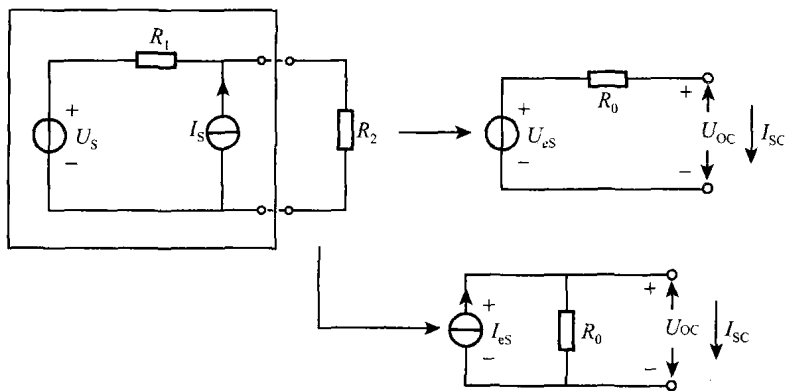


图 1.2

同时应注意:

(1) 电路若较复杂,应用该定理可以简化。若仍复杂可考虑再使用支路电流法等,若电路本身简单则无需使用该定理,直接求解或采用一些简单方法即可。

(2) 对待求支路无特别要求,有源无源皆可。

10. 了解非线性电阻电路的伏安特性曲线。

二、典型题型解析

1. 某电源的电动势为 E , 内电阻为 R_0 , 有载时的电流为 I , 试问该电源有载和空载时的电压和输出的电功率是否相同, 若不相同, 各应等于多少?

【知识点窍】 有载和空载时的电路状态。

【逻辑推理】 电源有载时是通路状态, 电路中有电流及能量交换, 而空载时电路既不产生电流, 也不会有能量输出。

【解题过程】 图 1.3(a) 为电源有载时电路, 则输出电压 $U = E - IR$, $P = UI$,

图 1.3(b) 为电源空载时电路, 因电路中 $I = 0$, 则 $U = E$, $P = 0$,

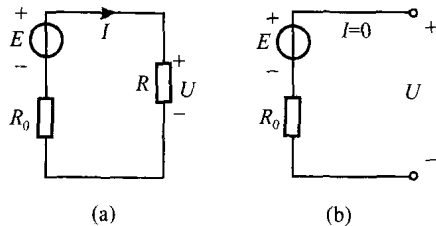


图 1.3

计算分析知有载、空载两种状态下电压和输出功率均不同。

2. 求图 1.4 所示电路中开关 S 闭合和断开两种情况下 a, b, c 三点的电位。

【知识点窍】 S 闭合和断开两种情况下电位参考点不同。

【逻辑推理】 断开时, 电位“0”的参考点为大地或无限远, 此时四电阻为串联, 各电阻按阻值分担电压, 从而各点电位可求。

闭合时, 电位“0”参考点改变为中间 b 点, 可分左右两部分别计算电位。

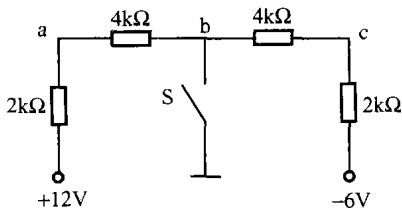


图 1.4

【解题过程】 S 断开时 $V_a = 12 - \frac{2 \times 10^3}{(2+4+4+2) \times 10^3} \times (12+6) = 9\text{V}$

$$V_b = 12 - \frac{(2+4) \times 10^3}{(2+4+4+2) \times 10^3} \times (12+6) = 3\text{V}$$

$$V_c = -6 + \frac{2 \times 10^3}{(2+4+4+2) \times 10^3} \times (12+6) = -3\text{V}$$

S 闭合时

$$V_b = 0$$

$$V_a = \frac{4 \times 10^3}{2 \times 10^3 + 4 \times 10^3} \times 12 = 8\text{V}$$

$$V_c = \frac{4 \times 10^3}{2 \times 10^3 + 4 \times 10^3} \times (-6) = 4\text{V}$$

3. 在图 1.5 中, 已知 $I_1 = 3\text{mA}$, $I_2 = 1\text{mA}$ 。试确定电路元件 3 中的电流 I_3 和两端电压 U_3 。

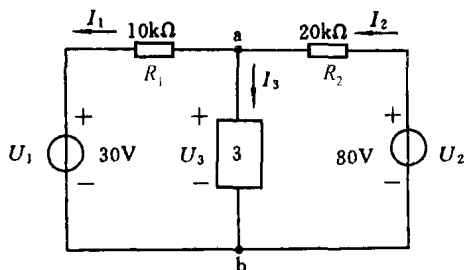


图 1.5

【知识点窍】 支路电流法中 KCL, KVL 的使用。

【逻辑推理】 分析电路中有两个结点 a, b, 可任选其一建立电流方程计算 I_3 , 求解电压 U_3 时, 既可使用左边网孔, 也可使用右边网孔。

$$\text{对左边回路 } U_3 - I_1 R_1 - U_1 = 0$$

$$\text{对右边回路 } U_3 - U_2 + I_2 R_2 = 0$$

均可计算出 U_3 。

【解题过程】 由基尔霍夫电流定律可知, 一个结点上的各支路电流的代数和为零。

在图 1.5 所示电路中, 对结点 a

$$I_2 = I_1 + I_3, I_3 = I_2 - I_1 = 1 - 3 = -2\text{mA}.$$

即 I_3 方向与参考方向相反。

由基尔霍夫电压定律

对左边回路

$$U_3 - I_1 R_1 - V_1 = 0,$$

$$U_3 = I_1 R_1 + U_1 = 3 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^3 + 30 = 60\text{V}$$

4. 用叠加原理计算图 1.6 中的电压 U 。 $I_s = 10\text{A}$, $E = 12\text{V}$, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1\Omega$

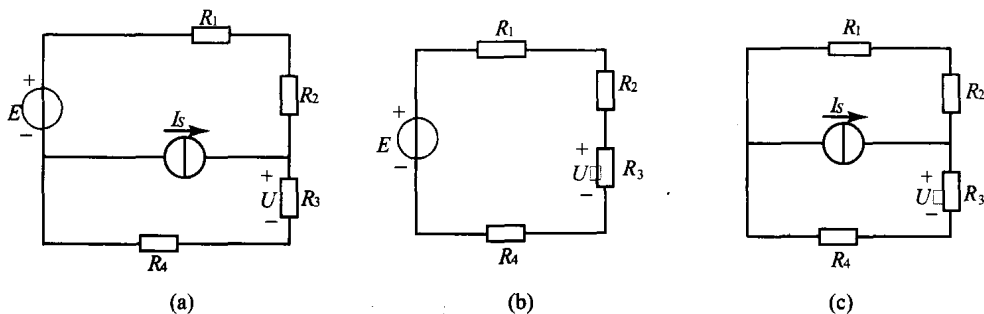


图 1.6

【知识点窍】 叠加原理的使用。

【逻辑推理】 将电压源和电流源分别单独作用时的电路进行分析。电流源单独作用时将电压源视为短路, 用一根导线代替; 电压源单独作用时将电流源将视为开路, 直接去掉。

【解题过程】 将原电路分解为(b), (c)后。

$$U' = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} E = \frac{1}{4} \times 12 = 3\text{V}$$

$$U'' = \frac{1}{2} I_s R_3 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1 = 5\text{V}$$

$$U = U' + U'' = 3 + 5 = 8\text{V}$$

5. (1) 应用戴维宁定理计算图 1.7(a) 中 1Ω 电阻中的电流。

(2) 应用戴维宁定理计算图 1.7(a) 中 2Ω 电阻中的电流 I 。

【知识点窍】 戴维宁定理的使用。

【逻辑推理】 求解每个电阻的电流时, 第一步即是断开该支路, 将剩余部分看作一有源二端网络。求解开路电压及等效内阻时要有源二端网络中电源等效为 0, 即电流源断开, 电压源短路。将此时的电路简化后并上原支路进行求解。

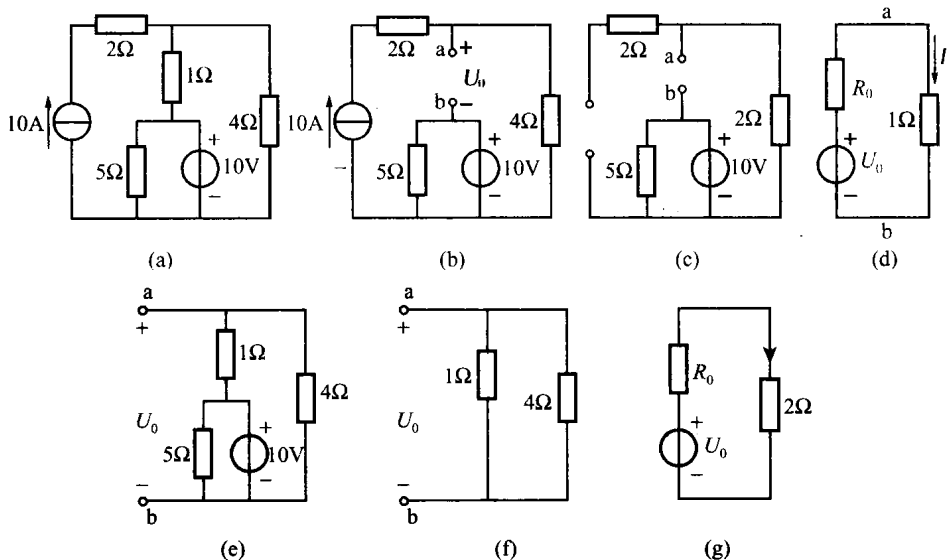


图 1.7

【解题过程】 (1) 将 1Ω 电阻所在支路断开, 剩余为有源二端网络, 如图 1.7(b),

开路电压 $U_0 = 4 \times 10 - 10 = 30\text{V}$,

将电源等效后求得等效内阻 $R_0 = 4\Omega$, 如图 1.7(c)

等效电路与原支路连接后的电路图如图 1.7(d)

得
$$I = \frac{U_0}{R_0 + 1} = \frac{30}{4 + 1} = 6\text{A}$$

(2) 将 2Ω 电阻所在支路断开, 剩余部分为有源二端网络, 如图 1.7(e),

开路电压

$$U_0 = \frac{4}{1 + 4} \times 10 = 8\text{V}$$

将电压源等效为短接, 得等效内阻 $R_0 = 0.8\Omega$

如图 1.7(f) 将得到的戴维宁等效电路与原支路相连, 如图 1.7(g)

得

$$I = \frac{U_0}{R_0 + 2} = \frac{8}{0.8 + 2} = 2.85 \text{ A}$$

三、习题解答

1.2.1 求图 1.8(教材图 1.01)所示电路中开关 S 闭合和断开两种情况下 a, b, c 三点的电位。

【知识点窍】 电位参考点。

【逻辑推理】 S 闭合时, 6V 电源负极和 3V 电源正极及 c 点与电位“0”参考点相连。S 断开时, 只有 6V 电源负极与“0”点相连。

【解题过程】 S 闭合时, $V_a = 6\text{V}$, $V_b = -3\text{V}$, $V_c = 0\text{V}$ 。

S 断开时, $V_a = V_b = 6\text{V}$, $V_c = 6 + 3 = 9\text{V}$ 。

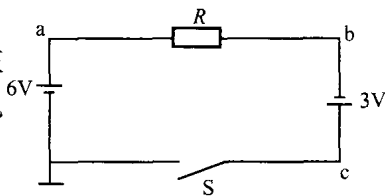


图 1.8

1.3.1 在图 1.9 所示电路中, 电源电动势 $E = 120\text{V}$, 内电阻 $R_s = 0.3\Omega$, 连接导线电阻 $R_w = 0.2\Omega$, 负载电阻 $R_L = 11.5\Omega$ 。求: (1) 通路时的电流、负载和电源的电压, 负载消耗的电功率、电源产生和输出的电功率; (2) 开路时的电源电压和负载电压; (3) 在负载端和电源端短路时电源的电流和电压。

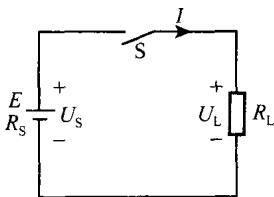


图 1.9

【知识点窍】 基本电路运算。

【逻辑推理】 用基本公式可求得第一、二问。要注意负载电压与电源电压, 负载消耗电功率、电源产生电功率及电源输出电功率的区别。开路时不构成回路, 不会有电流。负载端短路时, 负载上无电流通过, $I_L = 0$ 。电源端短路时, 电路只剩电源及内电阻, 并且没有向外输出电功率。

【解题过程】 (1) 电路电流
$$I = \frac{E}{R_s + R_w + R_L} = \frac{120}{0.3 + 0.2 + 11.5} = 10 \text{ A}$$

负载电压 $U_L = IR_L = 10 \times 11.5 = 115 \text{ V}$

电源电压 $U_s = E - IR_s = 120 - 10 \times 0.3 = 117 \text{ V}$

负载消耗的电功率

$$P_L = IU_L = 10 \times 115 = 1150 \text{ W}$$

电源产生的电功率

$$P_E = IE = 10 \times 120 = 1200 \text{ W}$$

电源输出的电功率

$$P_S = IU_S = 10 \times 117 = 1170 \text{ W}$$

(2) 开路时电路中无电流

$$U_S = E = 120 \text{ V}$$

$$U_L = 0$$

(3) 短路时

负载端短路时

$$I = \frac{E}{R_S + R_w} = \frac{120}{0.3 + 0.2} = 240 \text{ A}$$

$$U_S = IR_w = 240 \times 0.2 = 48 \text{ V}$$

电源端短路时

$$I = \frac{E}{R_S} = \frac{120}{0.3} = 400 \text{ A}$$

$$U_S = 0$$

1.5.1 试分析图 1.10 所示两电路中电阻的电压和电流以及图 1.10(a) 中电流源的电压和图 1.10(b) 中电压源的电流。

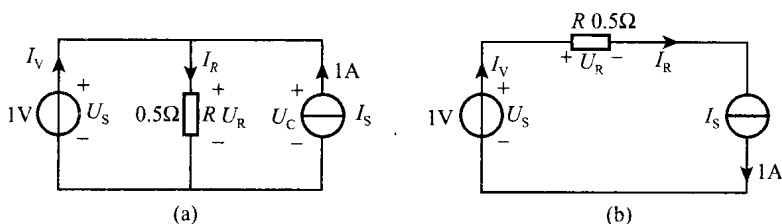


图 1.10

【知识点窍】 串并联关系中的电压电流关系。

【逻辑推理】 (a) 中三元件并联, 电压相等, 从而可求 $I_R = \frac{U_R}{R}$

(b) 中, 三元件串联, 电流相等, 从而可求 $U_R = I_R R$

【解题过程】 (a) 中, $U_R = U_S = U_C = 1 \text{ V}$, $I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ A}$

(b) 中, $I_R = I_S = I_V = 1 \text{ A}$, $U_R = I_R R = 1 \times 0.5 = 0.5 \text{ V}$

1.5.2 在图 1.11 所示直流电路中,已知 $U_s = 3\text{V}$, $I_s = 3\text{A}$, $R = 1\Omega$ 。求 a、b、c 三点的电位。

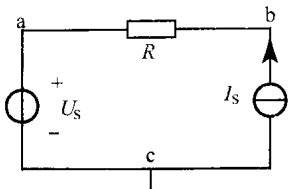


图 1.11

【知识点窍】 理想电路元件的特点和电位知识。

【逻辑推理】 确定“0”电位点 c 后, a 点与 c 点的电位差正好是 U_s 。b 与 a 间电位差可通过电阻上电压 $U_R = I_s R$ 求出。

【解题过程】 $V_a = U_s = 3\text{V}$, $V_b = V_a + I_s R = 3 + 3 \times 1 = 6\text{V}$, $V_c = 0$

1.6.1 在图 1.12(a) (教材图 1.05) 所示电路中, 已知 $U_s = 6\text{V}$, $I_s = 2\text{A}$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 1\Omega$ 。求开关 S 断开时开关两端的电压 U 和开关闭合时通过开关的电流 I (不必用支路电流法)。

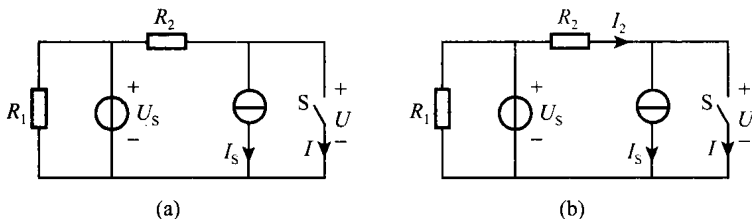


图 1.12

【知识点窍】 理想电源元件与基尔霍夫定律。

【逻辑推理】 本题使用基尔霍夫定律解答即可。

假定 I_2 方向如图 1.12(b), S 断开时 R_2 与 I_s 串联 $I_2 = I_s$, 从而求得 $U_2 = I_2 R_2$ 对 U_s, R_2, S 回路使用 KVL, $U_2 = U_s + I_2 R_2 = 0$ 求得 U_2 。

S 闭合时, R_2 两端电压即 U_s

设 I 方向向下, 对 R_2 右端结点使用 KCL, $I_2 = I_s + I$ 。

【解题过程】 S 断开时, $I_2 = I_s = 2\text{A}$, 对 U_s, R_2, S 回路使用 KVL

$$U_2 = U_s - I_2 R_2 = 6 - 2 \times 1 = 4\text{V}$$

S 闭合时, R_2 上电压 $U' = U_s = 6\text{V}$, 对 R_2 右侧结点使用 KCL, 则 S 上电流

$$I = I'_2 - I_s = \frac{U'}{R_2} - I_s = \frac{6}{1} - 2 = 4\text{A}$$

1.6.2 在图 1.13(a) (教材图 1.06) 所示电路中, 已知 $U_s = 6\text{V}$, $I_s = 2\text{A}$, $R_1 = R_2$

$=4\Omega$ 。求开关S断开时开关两端的电压和开关S闭合时通过开关的电流(在图中注明所选的参考方向)。

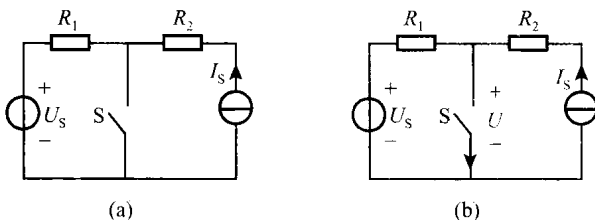


图 1.13

【知识点窍】理想电源元件与基尔霍夫定律运用。

【解题过程】所求电流的参考方向见图 1.13(b)。

S 断开时 $I_1 = I_2 = I_s = 2\text{A}$

S 两端电压 $U = U_s + I_1 R_1 = 6 + 4 \times 2 = 14\text{V}$

S 闭合时, 上端结点处有 $I = I'_1 + I_s = \frac{U_s}{R_1} + I_s = \frac{6}{4} + 2 = 3.5\text{A}$

1.6.3 求图 1.14(a)(教材图 1.07)所示电路中通过恒压源的电流 I_1 、 I_2 及其功率, 并说明是起电源作用还是起负载作用。

【知识点窍】恒压源功率计算和状态分析。

【逻辑推理】按上两题方法求解恒压源电流, 然后分析恒压源的电压与电流方向是否一致。一致则为电源, 不一致则为负载。

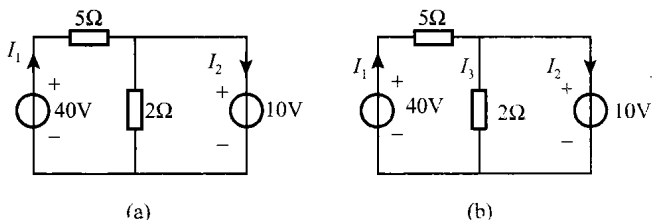


图 1.14

【解题过程】设 2Ω 电阻上电流为 I_3 , 参考方向见图 1.14(b), 由于该电阻并联在 10V 恒压源两端, 其上电压为 10V , 故

$$I_3 = \frac{U_{s_2}}{R_2} = \frac{10}{2} = 5\text{A}$$

时左边回路使用 KVL,

$$I_1 R_1 + I_3 R_2 - U_{s_1} = 0$$

$$I_1 = \frac{40 - 2 \times 5}{5} = 6\text{A}$$